

Lampiran A

Perhitungan Ralat Pengukuran Densitas

Untuk besaran yang diperoleh secara langsung dari pengukuran, maka nilai terbaiknya adalah nilai rata-rata dari besaran tersebut dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i$$

$$S_{\bar{D}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (S_{D_i})^2}{N(N-1)}}$$

$$D = \bar{D} \pm S_{\bar{D}}$$

Lampiran B

Tabel data pengukuran densitas

Tabel A – 1 Dengan kecepatan pada lembar penguat tinggi, faktor eksposi 50 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	2,57	2,56	2,57	2,57	0,01	2,57 \pm 0,01
4	2,21	2,20	2,21	2,21	0,01	2,21 \pm 0,01
6	1,77	1,76	1,77	1,77	0,01	1,77 \pm 0,01
8	1,35	1,34	1,35	1,35	0,01	1,35 \pm 0,01
10	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	1,00 \pm 0,01
12	0,69	0,68	0,69	0,69	0,01	0,69 \pm 0,01
14	0,50	0,49	0,50	0,50	0,01	0,50 \pm 0,01
16	0,35	0,34	0,35	0,35	0,01	0,35 \pm 0,01
18	0,27	0,26	0,27	0,27	0,01	0,27 \pm 0,01
20	0,22	0,21	0,22	0,22	0,01	0,22 \pm 0,01

Tabel A – 2 Dengan kecepatan pada lembar penguat tinggi, faktor eksposi 60 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	3,07	3,06	3,07	3,07	0,01	3,07 \pm 0,01
4	2,92	2,92	2,91	2,92	0,01	2,92 \pm 0,01
6	2,74	2,73	2,74	2,74	0,01	2,74 \pm 0,01
8	2,51	2,51	2,50	2,51	0,01	2,51 \pm 0,01
10	2,25	2,24	2,25	2,25	0,01	2,25 \pm 0,01
12	1,96	1,96	1,95	1,96	0,01	1,96 \pm 0,01
14	1,65	1,65	1,65	1,65	0,01	1,65 \pm 0,01
16	1,36	1,36	1,36	1,36	0,01	1,36 \pm 0,01
18	1,11	1,12	1,12	1,12	0,01	1,12 \pm 0,01
20	0,88	0,89	0,89	0,89	0,01	0,89 \pm 0,01

Tabel A – 3 Dengan kecepatan pada lembar penguat tinggi, faktor eksposi 70 kVp
10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	3,21	3,21	3,20	3,21	0,01	3,21 \pm 0,01
4	3,16	3,16	3,15	3,16	0,01	3,16 \pm 0,01
6	3,09	3,09	3,08	3,09	0,01	3,09 \pm 0,01
8	3,03	3,02	3,03	3,03	0,01	3,03 \pm 0,01
10	2,93	2,92	2,93	2,93	0,01	2,93 \pm 0,01
12	2,82	2,81	2,82	2,82	0,01	2,82 \pm 0,01
14	2,68	2,69	2,68	2,68	0,01	2,68 \pm 0,01
16	2,55	2,55	2,54	2,55	0,01	2,55 \pm 0,01
18	2,40	2,41	2,41	2,41	0,01	2,41 \pm 0,01
20	2,23	2,24	2,24	2,24	0,01	2,24 \pm 0,01

Tabel A – 4 Dengan kecepatan pada lembar penguat tinggi, faktor eksposi 80 kVp
10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	3,25	3,26	3,25	3,25	0,01	3,25 \pm 0,01
4	3,20	3,19	3,20	3,20	0,01	3,20 \pm 0,01
6	3,17	3,16	3,17	3,17	0,01	3,17 \pm 0,01
8	3,13	3,12	3,13	3,13	0,01	3,13 \pm 0,01
10	3,10	3,09	3,10	3,10	0,01	3,10 \pm 0,01
12	3,05	3,04	3,05	3,05	0,01	3,05 \pm 0,01
14	3,02	3,01	3,02	3,02	0,01	3,02 \pm 0,01
16	2,96	2,96	2,95	2,96	0,01	2,96 \pm 0,01
18	2,91	2,91	2,90	2,91	0,01	2,91 \pm 0,01
20	3,14	3,14	3,13	3,14	0,01	3,14 \pm 0,01

Tabel A – 5 Dengan kecepatan pada lembar penguat tinggi, faktor eksposi 90 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	3,28	3,27	3,28	3,28	0,01	3,28 \pm 0,01
4	3,26	3,26	3,25	3,26	0,01	3,26 \pm 0,01
6	3,23	3,23	3,22	3,23	0,01	3,23 \pm 0,01
8	3,22	3,21	3,22	3,22	0,01	3,22 \pm 0,01
10	3,19	3,19	3,18	3,19	0,01	3,19 \pm 0,01
12	3,18	3,18	3,17	3,18	0,01	3,18 \pm 0,01
14	3,16	3,16	3,15	3,16	0,01	3,16 \pm 0,01
16	3,11	3,10	3,11	3,11	0,01	3,11 \pm 0,01
18	3,07	3,07	3,06	3,06	0,01	3,07 \pm 0,01
20	2,99	2,99	2,98	2,99	0,01	2,99 \pm 0,01

Tabel A – 6 Dengan kecepatan pada lembar penguat tinggi, faktor eksposi 100 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	3,31	3,31	3,30	3,31	0,01	3,31 \pm 0,01
4	3,30	3,29	3,30	3,30	0,01	3,30 \pm 0,01
6	3,29	3,28	3,29	3,29	0,01	3,29 \pm 0,01
8	3,26	3,26	3,25	3,26	0,01	3,26 \pm 0,01
10	3,25	3,24	3,25	3,25	0,01	3,25 \pm 0,01
12	3,23	3,22	3,23	3,23	0,01	3,23 \pm 0,01
14	3,21	3,20	3,21	3,21	0,01	3,21 \pm 0,01
16	3,19	3,18	3,19	3,19	0,01	3,19 \pm 0,01
18	3,17	3,18	3,17	3,17	0,01	3,17 \pm 0,01
20	3,14	3,13	3,14	3,14	0,01	3,14 \pm 0,01

Tabel B – 1 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang Faktor eksposi 50 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	1,26	1,25	1,26	1,26	0,01	1,26 \pm 0,01
4	0,84	0,83	0,84	0,84	0,01	0,84 \pm 0,01
6	0,57	0,57	0,56	0,57	0,01	0,57 \pm 0,01
8	0,36	0,36	0,35	0,36	0,01	0,36 \pm 0,01
10	0,24	0,23	0,24	0,24	0,01	0,24 \pm 0,01
12	0,16	0,16	0,15	0,16	0,01	0,16 \pm 0,01
14	0,13	0,12	0,13	0,13	0,01	0,13 \pm 0,01
16	0,11	0,10	0,11	0,11	0,01	0,11 \pm 0,01
18	0,10	0,10	0,11	0,10	0,01	0,10 \pm 0,01
20	0,09	0,08	0,09	0,09	0,01	0,09 \pm 0,01

Tabel B – 2 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 60 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	2,47	2,48	2,48	2,48	0,01	2,48 \pm 0,01
4	2,11	2,11	2,12	2,11	0,01	2,11 \pm 0,01
6	1,75	1,75	1,76	1,75	0,01	1,75 \pm 0,01
8	1,41	1,40	1,41	1,41	0,01	1,41 \pm 0,01
10	1,08	1,08	1,07	1,08	0,01	1,08 \pm 0,01
12	0,87	0,86	0,87	0,87	0,01	0,87 \pm 0,01
14	0,67	0,67	0,66	0,67	0,01	0,67 \pm 0,01
16	0,47	0,48	0,48	0,48	0,01	0,48 \pm 0,01
18	0,35	0,35	0,34	0,35	0,01	0,35 \pm 0,01
20	0,24	0,24	0,23	0,24	0,01	0,24 \pm 0,01

Tabel B – 3 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 70 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	2,74	2,74	2,73	2,74	0,01	2,74 \pm 0,01
4	2,59	2,59	2,58	2,59	0,01	2,59 \pm 0,01
6	2,40	2,41	2,40	2,40	0,01	2,40 \pm 0,01
8	2,16	2,15	2,16	2,16	0,01	2,16 \pm 0,01
10	1,96	1,95	1,96	1,96	0,01	1,96 \pm 0,01
12	1,71	1,71	1,71	1,71	0,01	1,71 \pm 0,01
14	1,50	1,51	1,50	1,50	0,01	1,50 \pm 0,01
16	1,25	1,24	1,25	1,25	0,01	1,25 \pm 0,01
18	1,04	1,03	1,04	1,04	0,01	1,04 \pm 0,01
20	0,83	0,83	0,92	0,83	0,01	0,83 \pm 0,01

Tabel B – 4 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 80 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	3,02	3,02	3,01	3,02	0,01	3,02 \pm 0,01
4	2,93	2,92	2,93	2,93	0,01	2,93 \pm 0,01
6	2,84	2,83	2,84	2,84	0,01	2,84 \pm 0,01
8	2,70	2,70	2,69	2,70	0,01	2,70 \pm 0,01
10	2,57	2,57	2,56	2,57	0,01	2,57 \pm 0,01
12	2,44	2,44	2,43	2,44	0,01	2,44 \pm 0,01
14	2,28	2,28	2,28	2,28	0,01	2,28 \pm 0,01
16	2,08	2,08	2,08	2,08	0,01	2,08 \pm 0,01
18	1,89	1,88	1,88	1,89	0,01	1,89 \pm 0,01
20	1,65	1,64	1,65	1,65	0,01	1,65 \pm 0,01

Tabel B – 5 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 90 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	3,06	3,05	3,06	3,06	0,01	3,06 \pm 0,01
4	3,01	3,01	3,00	3,07	0,01	3,07 \pm 0,01
6	2,96	2,96	2,95	2,96	0,01	2,96 \pm 0,01
8	2,89	2,88	2,89	2,89	0,01	2,89 \pm 0,01
10	2,81	2,80	2,81	2,81	0,01	2,81 \pm 0,01
12	2,70	2,71	2,70	2,71	0,01	2,71 \pm 0,01
14	2,59	2,59	2,58	2,59	0,01	2,59 \pm 0,01
16	2,45	2,44	2,45	2,45	0,01	2,45 \pm 0,01
18	2,34	2,33	2,34	2,34	0,01	2,34 \pm 0,01
20	2,16	2,15	2,16	2,16	0,01	2,16 \pm 0,01

Tabel B – 6 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 100 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	3,15	3,15	3,16	3,15	0,01	3,15 \pm 0,01
4	3,12	3,12	3,11	3,12	0,01	3,12 \pm 0,01
6	3,08	3,07	3,08	3,08	0,01	3,08 \pm 0,01
8	3,03	3,02	3,03	3,03	0,01	3,03 \pm 0,01
10	2,99	2,99	2,98	2,99	0,01	2,99 \pm 0,01
12	2,94	2,94	2,93	2,94	0,01	2,94 \pm 0,01
14	2,88	2,87	2,88	2,88	0,01	2,88 \pm 0,01
16	2,79	2,78	2,79	2,79	0,01	2,79 \pm 0,01
18	2,71	2,71	2,70	2,71	0,01	2,71 \pm 0,01
20	2,60	2,59	2,60	2,60	0,01	2,60 \pm 0,01

Tabel C – 1 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 60 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	0,34	0,33	0,34	0,34	0,01	0,34 \pm 0,01
4	0,20	0,20	0,19	0,20	0,01	0,20 \pm 0,01
6	0,13	0,13	0,12	0,13	0,01	0,13 \pm 0,01
8	0,10	0,09	0,10	0,10	0,01	0,10 \pm 0,01
10	0,09	0,08	0,09	0,09	0,01	0,09 \pm 0,01
12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,01	0,08 \pm 0,01
14	0,08	0,07	0,08	0,08	0,01	0,08 \pm 0,01
16	0,08	0,08	0,09	0,08	0,01	0,08 \pm 0,01
18	0,08	0,09	0,08	0,08	0,01	0,08 \pm 0,01
20	0,09	0,08	0,08	0,08	0,01	0,08 \pm 0,01

Tabel C – 2 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 60 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	0,95	0,95	0,94	0,95	0,01	0,95 \pm 0,01
4	0,65	0,64	0,65	0,65	0,01	0,65 \pm 0,01
6	0,44	0,43	0,44	0,44	0,01	0,44 \pm 0,01
8	0,31	0,30	0,31	0,31	0,01	0,31 \pm 0,01
10	0,22	0,22	0,21	0,22	0,01	0,22 \pm 0,01
12	0,16	0,15	0,16	0,16	0,01	0,16 \pm 0,01
14	0,13	0,12	0,13	0,13	0,01	0,13 \pm 0,01
16	0,10	0,11	0,11	0,11	0,01	0,11 \pm 0,01
18	0,10	0,11	0,10	0,10	0,01	0,10 \pm 0,01
20	0,09	0,09	0,08	0,09	0,01	0,09 \pm 0,01

(c-74)

Tabel C -3 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 70 kVp
10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	2,27	2,26	2,27	2,27	0,01	2,27 \pm 0,01
4	1,95	1,95	1,94	1,95	0,01	1,95 \pm 0,01
6	1,63	1,63	1,62	1,63	0,01	1,63 \pm 0,01
8	1,32	1,31	1,32	1,32	0,01	1,32 \pm 0,01
10	1,07	1,06	1,07	1,07	0,01	1,07 \pm 0,01
12	0,84	0,83	0,84	0,84	0,01	0,84 \pm 0,01
14	0,67	0,66	0,67	0,67	0,01	0,67 \pm 0,01
16	0,50	0,50	0,49	0,50	0,01	0,50 \pm 0,01
18	0,39	0,38	0,39	0,39	0,01	0,39 \pm 0,01
20	0,31	0,30	0,31	0,31	0,01	0,31 \pm 0,01

(c-74)

Tabel C -4 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 80 kVp
10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	2,62	2,62	2,61	2,62	0,01	2,62 \pm 0,01
4	2,41	2,41	2,40	2,41	0,01	2,41 \pm 0,01
6	2,18	2,18	2,17	2,18	0,01	2,18 \pm 0,01
8	1,94	1,94	1,93	1,94	0,01	1,94 \pm 0,01
10	1,71	1,71	1,70	1,07	0,01	1,07 \pm 0,01
12	1,46	1,46	1,45	1,46	0,01	1,46 \pm 0,01
14	1,25	1,24	1,25	1,25	0,01	1,25 \pm 0,01
16	1,04	1,03	1,04	1,04	0,01	1,04 \pm 0,01
18	0,87	0,87	0,86	0,87	0,01	0,87 \pm 0,01
20	0,71	0,70	0,71	0,71	0,01	0,71 \pm 0,01

Tabel C –5 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 90 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	2,80	2,80	2,79	2,80	0,01	2,80 \pm 0,01
4	2,65	2,64	2,65	2,65	0,01	2,65 \pm 0,01
6	2,50	2,50	2,49	2,50	0,01	2,50 \pm 0,01
8	2,32	2,31	2,32	2,32	0,01	2,32 \pm 0,01
10	2,15	2,14	2,15	2,15	0,01	2,15 \pm 0,01
12	1,97	1,97	1,96	1,97	0,01	1,97 \pm 0,01
14	1,78	1,77	1,78	1,78	0,01	1,78 \pm 0,01
16	1,58	1,57	1,58	1,58	0,01	1,58 \pm 0,01
18	1,39	1,38	1,39	1,39	0,01	1,39 \pm 0,01
20	1,19	1,18	1,19	1,19	0,01	1,19 \pm 0,01

Tabel C –6 Dengan kecepatan pada lembar penguat sedang, faktor eksposi 100 kVp 10 mAs.

Step	N			\bar{D}	$S_{\bar{D}}$	$\bar{D} \pm S_{\bar{D}}$
	D ₁	D ₂	D ₃			
2	2,98	2,97	2,98	2,98	0,01	2,98 \pm 0,01
4	2,89	2,88	2,89	2,89	0,01	2,89 \pm 0,01
6	2,78	2,77	2,78	2,78	0,01	2,78 \pm 0,01
8	2,66	2,65	2,66	2,66	0,01	2,66 \pm 0,01
10	2,54	2,53	2,54	2,54	0,01	2,54 \pm 0,01
12	2,41	2,40	2,41	2,41	0,01	2,41 \pm 0,01
14	2,25	2,24	2,25	2,25	0,01	2,25 \pm 0,01
16	2,12	2,11	2,12	2,12	0,01	2,12 \pm 0,01
18	1,97	1,96	1,97	1,97	0,01	1,97 \pm 0,01
20	1,79	1,79	1,78	1,79	0,01	1,79 \pm 0,01

Tabel D Data Perhitungan Kontras pada Ketebalan *Stepwedge* 12 mm terhadap 3 Jenis Kecepatan pada Lembar Penguat (Faktor Eksposi 60 kV 10 mAs)

Jenis Penguatan	Densitas (D_1)	Densitas (D_2)	Kontras
Tinggi	2,25	1,96	0,29
Sedang	1,08	0,87	0,21
Rendah	0,22	0,16	0,06



Tabel E Data densitas dengan memakai stepwedge untuk ketiga jenis kecepatan pada lembar penguat dengan faktor eksposi sama (60 kV 10 mAs)

Kecepatan Tinggi			Kecepatan Sedang			Kecepatan Rendah		
Step	Densitas	Tebal (mm)	Step	Densitas	Tebal (mm)	Step	Densitas	Tebal (mm)
1	3,07	2	1	2,48	2	1	0,95	2
2	2,92	4	2	2,11	4	2	0,65	4
3	2,74	6	3	1,75	6	3	0,44	6
4	2,51	8	4	1,41	8	4	0,31	8
5	2,52	10	5	1,08	10	5	0,22	10
6	1,96	12	6	0,87	12	6	0,16	12
7	1,65	14	7	0,67	14	7	0,13	14
8	1,36	16	8	0,48	16	8	0,11	16
9	1,12	18	9	0,35	18	9	0,10	18
10	0,89	20	10	0,24	20	10	0,09	20



Tabel F Data perhitungan kontras tiap-tiap kecepatan lembar penguat pada faktor eksposi yang sama (60 kV 10 mAs)

Posisi	Kontras	Tinggi	Sedang	Rendah
2-4	$D_2 - D_4$	0,15	0,37	0,3
4-6	$D_4 - D_6$	0,18	0,36	0,21
6-8	$D_6 - D_8$	0,23	0,34	0,13
8-10	$D_8 - D_{10}$	0,26	0,34	0,09
10-12	$D_{10} - D_{12}$	0,29	0,21	0,06
12-14	$D_{12} - D_{14}$	0,31	0,2	0,03
14-16	$D_{14} - D_{16}$	0,29	0,19	0,02
16-18	$D_{16} - D_{18}$	0,24	0,13	0,01
18-20	$D_{18} - D_{20}$	0,23	0,11	0,01

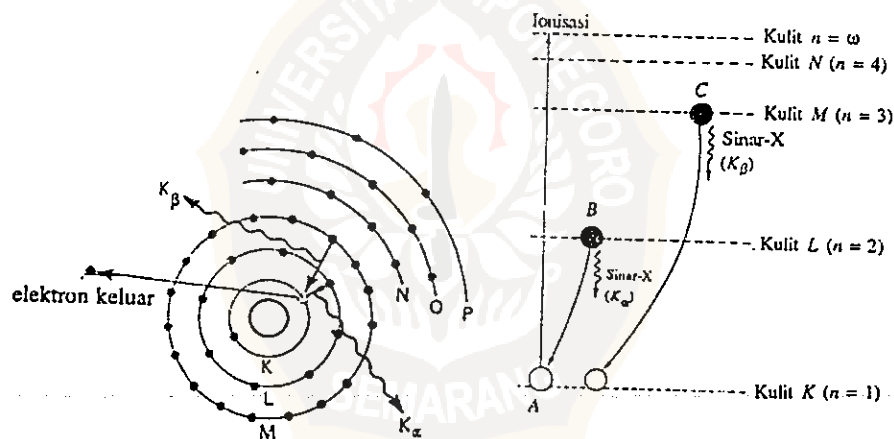


Lampiran C

Spesifikasi Sinar-X yang Digunakan

Sinar-X yang digunakan adalah sinar-X karakteristik yaitu sinar-X yang dapat pula terbentuk melalui proses perpindahan elektron atom pada tingkat energi yang lebih tinggi menuju ke tingkat energi yang lebih rendah.

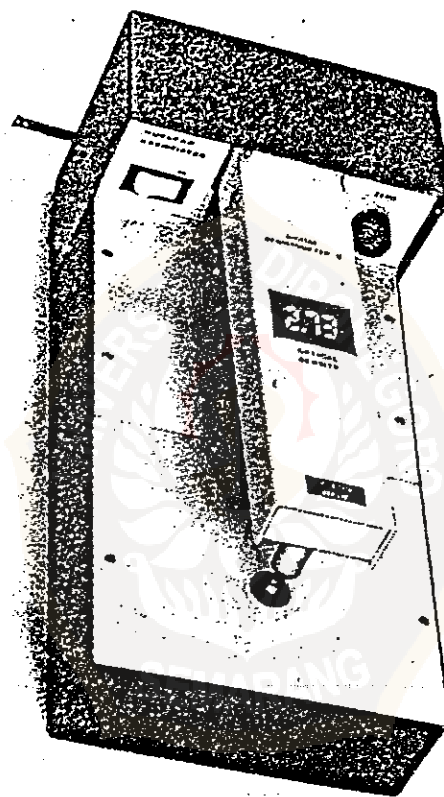
Terjadinya sinar-X karakteristik karena elektron atom yang berada pada kulit K terionisasi. Kekosongan kulit K ini segera diisi oleh elektron dari kulit di atasnya. Jika kekosongan pada kulit K diisi oleh elektron dari kulit L, maka akan dipancarkan sinar-X karakteristik K_{α} . Jika kekosongan ini diisi oleh elektron dari kulit M, maka akan dipancarkan sinar-X karakteristik K_{β} . Jadi sinar-X karakteristik timbul karena adanya transisi elektron dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar: Proses Terbentuknya Sinar-X karakteristik (Kaplan, 1979).

Lampiran D

Densitometer



Digital Densitometer II, Model 07-424

Lampiran E

Lembar Penguat pada Kaset

